

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-036108
(43)Date of publication of application : 07.02.1997

(51)Int.Cl. H01L 21/31
H01L 21/205
H01L 21/285
H01L 21/316

(21)Application number : 07-185917
(22)Date of filing : 21.07.1995

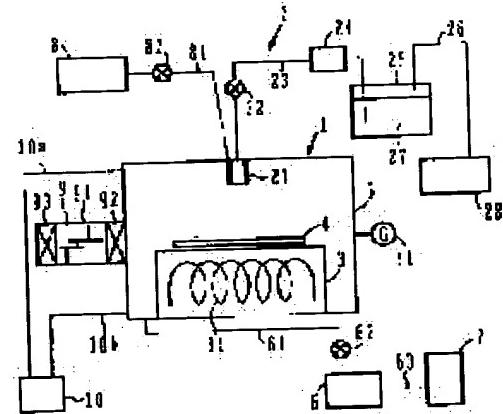
(71)Applicant : HITACHI LTD
(72)Inventor : TSUTSUMI YOSHITSUGU
OKAMOTO YOSHIO
WATANABE KAZUNORI
KASAHARA OSAMU

(54) METHOD AND DEVICE FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR, SEMICONDUCTOR WAFER AND SEMICONDUCTOR ELEMENT

(57)Abstract:

(3) Abstract.
PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the evaporating efficiency of liquid material, to prevent the formation of an unnecessary film in a device and to improve the productivity of a semiconductor device.

SOLUTION: The liquid material 27 in a liquid material tank 25 is pressure-fed into a liquid material tank 25 by liquid material delivering gas, the liquid material 27 is fed to an evaporation nozzle 21, and carrier gas (inert gas) and gaseous material are fed to a vaporizing nozzle 21 from a gas feeding part 8. The liquid material 27 sent from the gas nozzle 21 comes into collision with the carrier gas and the gaseous material, it is brought into the state of particulates, vaporized efficiently, fed to the surface of the wafer 4 on the susceptor 3 which is heated by a heater 31, and a thin film is formed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

<http://www1.ipdl.jpo.go.jp/PA1/result/detail/main/wAAAa19708DA409036108P1.htm> 03/01/20

[of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-36108

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

(51) Int.Cl. [®]	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L 21/31			H 01 L 21/31	D
21/205			21/205	
21/285			21/285	C
21/316			21/316	Y

審査請求 未請求 請求項の数27 O.L (全14頁)

(21) 出願番号 特願平7-185917

(22) 出願日 平成7年(1995)7月21日

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72) 発明者 堤 芳紹
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
(72) 発明者 岡本 良雄
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
(72) 発明者 渡辺 一典
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
(74) 代理人 弁理士 春日 譲

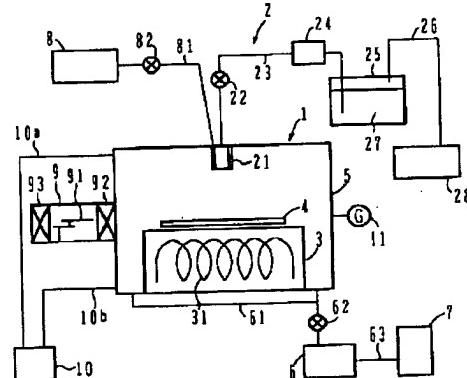
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体の製造方法および装置、並びに半導体ウェハおよび半導体素子

(57) 【要約】

【目的】 半導体の製造方法および装置において、液体原料の気化効率を向上して装置内への不必要的膜の形成を防止し、半導体製造の生産性を向上させる。

【構成】 液体原料タンク25内の液体原料27を液体原料送出用のガスによって圧送し、気化ノズル21に供給すると共に、ガス供給部8からキャリアガス（不活性ガス）や気体原料を気化ノズル21に供給する。気化ノズル21からの液体原料27は、キャリアガスおよび気体原料と衝突し、薄膜の製造される真空容器5内で微粒子化され、効率よく気化され、そして、ヒータ31で加熱されたサセプタ3上のウェハ4表面に供給され、薄膜が形成される。



- | | | |
|------------------|------------------|------------------|
| 1: 気相化学反応装置 | 2: 気化槽 | 22: 液体原料供給バルブ |
| 2: 気化槽 | 23: 液体原料供給管 | 24: 液体原料供給流量制御装置 |
| 3: サセプタ | 25: 液体原料タンク | 25: 液体原料送出用ガス配管 |
| 4: ウェハ | 5: 真空容器 | 27: 液体原料 |
| 5: 真空容器 | 6: 真空排気部 | 28: 液体原料送出用ガス供給部 |
| 6: 真空排気部 | 7: ガス処理部 | 31: ヒータ |
| 7: ガス処理部 | 8: ガス供給部 | 61: 真空排気配管 |
| 8: ガス供給部 | 9: 予備室 | 62: 真空排気バルブ |
| 9: 予備室 | 10: 真空温度制御部 | 63: 排気配管 |
| 10: 真空温度制御部 | 10a: 真空温度制御用第一配管 | 81: ガス供給管 |
| 10b: 真空温度制御用第二配管 | 10b: 真空温度制御用第二配管 | 82: ガス供給バルブ |
| 11: 真空計 | 21: 気化ノズル | |

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に半導体素子用の薄膜を形成する半導体の製造方法において、前記薄膜となる少なくとも一部の液体原料を、前記薄膜が形成される空間内で微粒子化してから気化させ、前記基板表面に供給することにより半導体を製造することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項2】 請求項1記載の半導体の製造方法において、前記液体原料を微粒子化してから気化させる気化機構と、その気化機構と前記基板を収容する容器を有しつつその容器内を所定圧力および所定温度に保つ成膜機構とを用いることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項3】 請求項1または2記載の半導体の製造方法において、前記液体原料を微粒子化してから気化させ前記基板表面に供給する際に、気体原料も同時に供給することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項4】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記気化機構として、前記液体原料を噴射する開口と、その開口の周辺より前記液体原料に向かってそれを微粒子化する気体を噴出し衝突させる気体流路とを有する気化機構を用いることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項5】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記気化機構として、前記液体原料を微粒子化する気体を噴射する開口と、その開口の周辺より前記気体に向かって前記液体原料を噴出し衝突させる液体原料流路とを有する気化機構を用いることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項6】 請求項4記載の半導体の製造方法において、前記気体の噴出方向を、前記液体原料を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項7】 請求項5記載の半導体の製造方法において、前記液体原料の噴出方向を、前記気体を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項8】 請求項4記載の半導体の製造方法において、前記液体原料の噴出方向を、その液体原料を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項9】 請求項5記載の半導体の製造方法において、前記気体の噴出方向を、その気体を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項10】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記気化機構への前記液体原料の供給を、前記薄膜の形成過程中に連続的に行うことを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項11】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記気化機構への前記液体原料の供給を、前記薄

膜の形成過程中に間欠的に行うことを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項12】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記液体原料を噴射する開口を含む面の法線を回転軸として旋回させながら、前記液体原料を噴出することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項13】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記液体原料を微粒子化する気体を噴射する開口を含む面の法線を回転軸として旋回させながら、前記気体を噴出することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項14】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記気化機構への前記液体原料の供給を、前記液体原料の貯蔵側と噴射される側の圧力差を利用して行なうことを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項15】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記気化機構を一個用いることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項16】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記気化機構を複数個用いることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項17】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記気化機構への前記気体の供給を、前記気化機構への前記液体原料の供給に先立って行なうことを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項18】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記気化機構への前記液体原料の供給停止を、前記気化機構への前記気体の供給停止に先立って行なうことを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項19】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記気化機構により微粒子化した前記液体原料の微粒子の分布を、前記容器内の前記基板上方で均一にする整流手段を用いることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項20】 請求項4記載の半導体の製造方法において、前記気化機構の前記液体原料を噴射する開口に至る流路内を加熱手段で加熱し、前記液体原料の蒸気を発生させることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項21】 請求項5記載の半導体の製造方法において、前記液体原料流路を加熱手段で加熱し、前記液体原料の蒸気を発生させることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項22】 請求項2記載の半導体の製造方法において、前記成膜機構が化学蒸着を行う機構であることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項23】 請求項1記載の半導体の製造方法を用いて製造された半導体ウェハ。

【請求項24】 請求項1記載の半導体の製造方法を用いて製造された半導体素子。

【請求項25】 基板上に半導体素子用の薄膜を形成する半導体の製造装置において、前記薄膜となる少なくと

も一部の液体原料を微粒子化してから気化させる気化機構と、その気化機構および前記基板を収容する容器を有すると共にその容器内を所定圧力および所定温度に保つ成膜機構とを備えることを特徴とする半導体の製造装置。

【請求項26】 請求項25記載の半導体の製造方法において、前記気化機構は、前記液体原料を噴射する開口と、その開口の周辺より前記液体原料に向かってそれを微粒子化する気体を噴出する気体流路とを有することを特徴とする半導体の製造装置。

【請求項27】 請求項25記載の半導体の製造方法において、前記気化機構は、前記液体原料を微粒子化する気体を噴射する開口と、その開口の周辺より前記気体に向かって前記液体原料を噴出する液体原料流路とを有することを特徴とする半導体の製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、液体原料を用いて基板上に半導体素子用の薄膜を形成する半導体の製造方法に係わり、特に半導体製造の生産性向上を図るために好適な半導体の製造方法およびその装置、並びに半導体ウェハおよび半導体素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体素子用の薄膜の形成（以下、薄膜の形成のことを、適宜、成膜ともいう）に液体原料を用いる従来技術の一例として、特開平6-61450号公報に開示されているようにペンタエトキシタンタル（Ta(OC₂H₅)₅）を使ってDRAM用の容量絶縁膜として利用される酸化タンタル（Ta₂O₅）薄膜を形成する技術や、TEOS（Si(OC₂H₅)₄）を使って二酸化珪素（SiO₂）薄膜を形成する技術などがある。

【0003】 上記のような薄膜形成技術のうち、SiO₂薄膜の形成方法の例について説明する。図22はそのSiO₂薄膜を形成する半導体の製造装置の構成図である。この半導体の製造装置において、真空容器105は真空排気部106により真空排気され、ウェハ104はサセブタ103上に保持されヒータ131によって約450°Cに加熱される。上記真空容器105、サセブタ103、ヒータ131は気相化学反応装置101を構成する。

【0004】 液体原料127は液体原料タンク125内で一定の温度（60°C）に保たれており、液体原料送出用ガス供給部128から供給され液体原料バーリングガス用流量制御装置129によって流量制御されたバーリング用不活性ガスによってバーリングされて気化し、約100°Cに加熱されたヒータ付ガス供給管123を通りシャワーへッド120から真空容器105に導入される。また、ガス供給部108から供給され流量制御装置183で流量制御された原料ガスもガス供給管181を介してシャワーへッド120から真空容器105に導入

される。なお、シャワーへッド120にはシャワーへッド用ヒータ121が設けられており、このシャワーへッド用ヒータ121およびその前のヒータ付ガス供給管123は液体原料127の気化を促進するはたらきも有する。そして、真空容器105に導入された液体原料127および原料ガスは熱分解反応し、ウェハ104上にSiO₂薄膜が形成される。

【0005】 また、前述の特開平6-61450号公報のペンタエトキシタンタル（Ta(OC₂H₅)₅）を使った酸化タンタル（Ta₂O₅）薄膜の形成過程は、上記二酸化珪素（SiO₂）薄膜の形成過程とほぼ同様である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上記のような酸化タンタル薄膜や二酸化珪素薄膜の形成方法では、成膜の行われる真空容器105の外においてバーリングにより液体原料127を気化するためにその気化効率が低く、液体原料127の気化がヒータ付ガス供給管123やシャワーへッド120内で充分に進展せず、気化されなかった液体原料127が一部液体のままそれらの内部に存在したり、気化した液体原料127がヒータ付ガス供給管123やシャワーへッド120の壁面に再度凝縮して液体になったりすることがある。この液体のまま存在した液体原料127はヒータ付ガス供給管123やシャワーへッド120の壁面で不必要的膜となり、その膜が堆積すると場合によってはヒータ付ガス供給管123やシャワーへッド120等の配管類の閉塞の原因になったり、剥離した膜が飛散してウェハ104上に到達して素子の不良の原因になったりする。

【0007】 これらの障害を取り除くためには製造装置を停止し、清掃してから再立ち上げすることが必要となり、その間には製造を行うことができないため半導体製造の生産性が著しく損なわれる。

【0008】 本発明の目的は、液体原料の気化効率を向上して装置内への不必要的膜の形成を防止し、半導体製造の生産性を向上させることができる半導体の製造方法および装置、並びに半導体ウェハおよび半導体素子を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明によれば、基板上に半導体素子用の薄膜を形成する半導体の製造方法において、前記薄膜となる少なくとも一部の液体原料を、その薄膜が形成される空間内で微粒子化してから気化させ、前記基板表面に供給することにより半導体を製造することを特徴とする半導体の製造方法が提供される。

【0010】 上記半導体の製造方法において、好ましくは、前記液体原料を微粒子化してから気化させる気化機構と、その気化機構と前記基板を収容する容器を有しあつその容器内を所定圧力および所定温度に保つ成膜機構とを用いる。

【0011】また、好ましくは、前記液体原料を微粒子化してから気化させ前記基板表面に供給する際に、気体原料も同時に供給する。

【0012】また、上記気化機構としては、好ましくは、液体原料を噴射する開口と、その開口の周辺より前記液体原料に向かってそれを微粒子化する気体を噴出し衝突させる気体流路とを有する気化機構を用いる。

【0013】上記の場合、気体の噴出方向を、液体原料を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させるのが好ましい。

【0014】あるいは、液体原料の噴出方向を、その液体原料を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させてもよい。

【0015】さらに、好ましくは、上記気化機構の液体原料を噴射する開口に至る流路内を加熱手段で加熱し、前記液体原料の蒸気を発生させる。

【0016】また、気化機構としては、好ましくは、液体原料を微粒子化する気体を噴射する開口と、その開口の周辺より前記気体に向かって液体原料を噴出し衝突させる液体原料流路とを有する。

【0017】上記の場合、液体原料の噴出方向を、気体を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させるのが好ましい。

【0018】あるいは、気体の噴出方向を、その気体を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させてもよい。

【0019】さらに、好ましくは、前記液体原料流路を加熱手段で加熱し、前記液体原料の蒸気を発生させる。

【0020】さらに、上記のような半導体の製造方法において、気化機構への液体原料の供給を薄膜の形成過程中に連続的に行ってもよいし、逆に、間欠的に行ってもよい。

【0021】さらに、液体原料を噴射する開口を含む面の法線を回転軸として旋回させながら、その液体原料を噴出せたり、あるいは液体原料の微粒子化用気体を噴射する開口を含む面の法線を回転軸として旋回させながら、その気体を噴出させてよい。

【0022】また、気化機構への液体原料の供給を、好ましくは、その液体原料の貯蔵側と噴射される側の圧力差を利用して行なう。

【0023】さらに、気化機構を、好ましくは一個用いる。または、気化機構を、好ましくは複数個用いる。

【0024】また、気化機構への気体の供給を、その気化機構への液体原料の供給に先立って行なうのが好ましい。

【0025】また、気化機構への液体原料の供給停止を、その気化機構への気体の供給停止に先立って行なうのが好ましい。

【0026】また、好ましくは、気化機構により微粒子化した液体原料の微粒子の分布を、前記容器内の前記基

板上方で均一にする整流手段を用いる。

【0027】また、半導体の製造方法において、好ましくは、前記成膜機構が化学蒸着を行う機構である。

【0028】また、本発明によれば、上記のような半導体の製造方法を用いて製造された半導体ウェハ、または半導体素子が提供される。

【0029】また、本発明によれば、基板上に半導体素子用の薄膜を形成する半導体の製造装置において、前記薄膜となる少なくとも一部の液体原料を微粒子化してから気化させる気化機構と、その気化機構および前記基板を収容する容器を有すると共にその容器内を所定圧力および所定温度に保つ成膜機構とを備えることを特徴とする半導体の製造装置が提供される。

【0030】上記半導体の製造方法において、好ましくは、前記気化機構が、前記液体原料を噴射する開口と、その開口の周辺より液体原料に向かってそれを微粒子化する気体を噴出する気体流路とを有する。

【0031】あるいは、上記半導体の製造方法において、好ましくは、前記気化機構が、前記液体原料を微粒子化する気体を噴射する開口と、その開口の周辺より気体に向かって液体原料を噴出する液体原料流路とを有する。

【0032】

【作用】上記のように構成した本発明においては、薄膜となる少なくとも一部の液体原料をその薄膜が形成される空間内で微粒子化してから気化させることにより、従来のバーリング等による方法よりも気化の効率が高くなる。のことと、上記微粒子化を薄膜が形成される空間内で行うことにより、前述の従来技術のようにヒータ付ガス供給管やシャワーへッド等の配管類の中、他の装置の部材に液体原料が凝縮するようなことがなくなり、不必要な膜が形成されない。従って、配管類の閉塞や、剥離した膜のウェハ上への飛散が起らせず、製造装置を停止する必要もなくなり生産性が向上する。

【0033】上記の場合、液体原料の微粒子化および気化は気化機構で行ない、基板を収容する容器内で薄膜の形成が行われる。その際、上記容器内は成膜機構により所定圧力および所定温度に保たれる。

【0034】また、液体原料の他に気体原料が必要な場合は、液体原料を微粒子化および気化させ基板表面に供給する際に、その気体原料も同時に供給することにより、薄膜の形成が行なわれる。

【0035】上記気化機構においては、液体原料を噴射する開口を設けておき、その開口の周辺の気体流路より液体原料に向かって気体を噴出し、その液体原料に衝突させることにより、微粒子化が行われる。

【0036】また、上記とは逆に、液体原料を微粒子化するための気体を噴射する開口を設けておき、その開口の周辺の液体原料流路より気体に向かって液体原料を噴出してても同様である。

【0037】さらに、液体原料と噴出方向と気体の噴出方向とを傾斜させることにより、液体原料と気体とは或る角度を持って衝突することになり、微粒子化された液体原料の供給される範囲、従って気化した液体原料の供給される範囲がある程度の広がりを持つことになる。このため、上記傾斜を適当に選択することにより、より広い範囲に液体原料の微粒子、従って気化した液体原料を供給することが可能となる。前述の液体原料を噴射する開口周辺より気体を噴出する場合において、上記のように両者の噴出方向を傾斜させる方法としては、気体の噴出方向を、液体原料を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させるか、液体原料の噴出方向を、その液体原料を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させればよい。一方、前述の気体を噴射する開口周辺より液体原料を噴出する場合において、上記のように両者の噴出方向を傾斜させる方法としては、液体原料の噴出方向を、気体を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させるか、気体の噴出方向を、その気体を噴射する開口を含む面の法線に対して傾斜させればよい。

【0038】また、液体原料を噴出する際に、それを旋回させながら噴出させれば、その旋回運動のために液体原料の噴出速度のうち、開口を含む面の法線方向への速度成分は小さくなり、液体原料の気体への衝突の頻度が大きくなる。従って、液体原料の微粒子化の効率が向上する。さらに、気体を噴出する際に、それを旋回させながら噴出させても同様の作用を奏すことが可能となる。

【0039】上記気化機構の個数は、一個でも複数個でもよいが、複数個にした場合は、液体原料の濃度の均一性を各気化機構で分担出来るので、一個の気化機構における均一に供給すべき範囲を小さくすることが可能となり、液体原料の気化効率が高くなる。また、基板表面に対する液体原料の供給量を各気化機構で分担でき、各気化機構において微粒子化すべき液体原料の量を減少させて各気化機構の大きさを小さく出来る。

【0040】また、気化機構への気体の供給を、気化機構への液体原料の供給に先立って行うことにより、液体原料が気化されないまままで基板に到達することがない。

【0041】また、気化機構への液体原料の供給停止を、気化機構への気体の供給停止に先立って行うことにより、気化機構からの液体原料の液だれを防止でき、容器内に液体原料が残留することがない。

【0042】また、整流手段を用いて、微粒子化した液体原料の微粒子の分布を、容器内の基板上方で均一にすることにより、気化効率が一段と改善され、基板に均一に薄膜を形成させることが可能となる。

【0043】また、液体原料を加熱手段で加熱し、液体原料の蒸気を発生させることにより、流路内の液体原料の体積の膨張をもたらし、液体原料の微粒子をさらに微小となる。この微小な粒子に気体が衝突することによっ

て液体原料の微粒子化が一層促進され、液体原料の気化効率がさらに向上する。また、加熱手段の制御により微小な粒子の発生状況を簡単に制御出来る。

【0044】

【実施例】本発明の第1の実施例について、図1から図4を参照しながら説明する。本実施例は、減圧気相化学蒸着によって半導体の基板であるウェハ表面に半導体素子用の薄膜を蒸着する実施例である。

【0045】図1に示すように、本実施例の半導体の製造装置は、気相化学反応装置1、気化機構2、真空排気部6、ガス処理部7、ガス供給部8、予備室9、壁面温度制御部10を備える。気相化学反応装置1は、真空容器5の中に、ウェハ(半導体の基板)4を載置するサセブタ3、およびヒータ31を収容することによって構成され、また真空容器5には真空計11が取り付けられている。気化機構2において、液体原料27は液体原料タンク25に貯められており、液体原料送出用ガス供給部28から液体原料送出用ガス配管26を介して送られた液体原料送出用のガスによって圧され、その圧送された液体原料27が液体原料供給流量制御装置24で流量が調整されつつ液体原料供給管23および液体原料供給バルブ22を介して真空容器5上方に取り付けられた気化ノズル21に供給される。ガス供給部8からは、キャリアガス(不活性ガス)や気体原料がガス供給バルブ82およびガス供給管81を介して気化ノズル2に供給される。

【0046】真空排気部6は、真空排気配管61、真空排気バルブ62、排気配管63を備え、排気されるガスがガス処理部7によって処理される。予備室9は真空容器5内への気密性を保ちながらウェハ4の出し入れを行うためのものであって、ウェハハンドラ91、予備室第一ゲートバルブ92、予備室第二ゲートバルブ93を備える。壁面温度制御部10は、壁面温度制御用第1配管10aおよび壁面温度制御用第2配管10bを有し、真空容器5内の温度を制御する。上記のうち、真空容器5、真空排気部6、ガス処理部7、壁面温度制御部10等は成膜機構を構成する。

【0047】上記のような構成の半導体の製造装置による成膜時の手順を説明する。まず、真空容器5を真空排気部6により真空排気する。次に、ガス供給部8からの不活性ガスを真空容器5に導入する。続いて、不活性ガスの供給を停止し、再度真空容器5を真空排気部6により真空排気する。このような真空排気および不活性ガスの導入を数回繰り返して、真空容器5内のガス置換を行う。次に、予備室9中に保持されたウェハ4を第1ゲートバルブ92を開いてヒータ31に加熱されたサセブタ3上に搬入する。そして、再度真空容器5内のガス置換を行う。その後、次に述べる気化機構2のはたらきによって液体原料25と原料ガスを真空容器5内に供給して薄膜形成を行う。薄膜形成が終了すると、ガス置換を行

い、サセプタ3上のウェハ4を予備室9中に置かれたウェハと交換する。以上が本実施例の半導体の製造装置の製造サイクルである。

【0048】次に、気化機構2の動作を説明する。図2に、気化ノズル21の先端部分付近の構造を示す。本実施例において、気化ノズル21は、同心状の気化ノズル外管211および気化ノズル内管212からなる二重管構造をしており、液体原料27は気化ノズル内管212を流れ、気体原料およびキャリアガス(不活性ガス)は気化ノズル外管211を流れる。図2では液体原料27の流れを矢印Aで、気体原料およびキャリアガスの流れを矢印Bで示す。(以下、図8～図14、図20、図21についても同様とする。)また、液体原料27としては、基本的にTEOS(Si(O₂H₅)₄)を対象に議論を進めるが、他の液体原料を用いても同様の議論になることはいうまでもない。

【0049】気体原料とキャリアガスはガス供給部8から気化ノズル21の気化ノズル外管211に供給され、液体原料27は液体原料25から気化ノズル21の気化ノズル内管212に供給される。気化ノズル内管212に供給された液体原料27は真空容器5内に滴下するが、その過程において、気体原料及びキャリアガスの流れは、気化ノズル外管211から真空容器5内に噴出する際に、気化ノズル外管211の壁による流れの拘束が無くなった場所で放射状の拡がりを持つ。これにより、気体原料及びキャリアガスは滴下しつつある液体原料27に衝突し、この衝突により液体原料27は微粒子化される。

【0050】上記のような衝突において生成される微粒子直径の計算例を以下に示す。

【0051】図2のような単純な形状のノズルによって形成される微粒子直径は、「熱(抜山四郎著、養賢堂昭和44年4月発行)」の第170頁に示されているように、次式によって推定される。

【0052】

【数1】

$$d_0 = 585 \frac{\sqrt{\sigma}}{v\sqrt{\rho}} + 597 \left(\frac{\mu}{\sqrt{\sigma\rho}} \right)^{0.45} \left(1000 \frac{Q_1}{Q_a} \right)^{1.5} \quad \cdots (1)$$

【0053】ここに、 ρ は密度 [g/cm^3]、 σ は表面張力 [dyne/cm]、 μ は粘性係数 [dyne·s/cm²]、 v は液体流と気体流の間の相対速度 [m/sec]、 Q_1 は流体容積流量、 Q_a は空気容積流量である。また d_0 は粒子の平均直径で単位は μm である。但し、ここで粒子の平均直径は気相中で形成された直径ではなく、形成された微粒子を何らかの液体に受けて計測した際の、いわゆる受け止め直径であり、そのため、実際に気相中で形成された微粒子直径よりも約4～5倍程度大きく算出される。

【0054】ここで、本実施例で用いているTEOSについて、その各物性値を、

$$\rho = 0.9356 \text{ [g/cm}^3\text{]} , \sigma = 21.67 \text{ [dyne/cm]} , \mu = 0.007 \text{ [dyne·s/cm}^2\text{]}$$

のように定める。また、 v については、液体原料27が気体原料及びキャリアガスに比べて微量しか供給されないため液体原料27の速度を無視し、さらに気体原料及びキャリアガスがその供給管路でショーキングしているとすると、 $v = 300 \text{ [m/sec]}$ となる。

【0055】上記のようにして計算した結果を図3に示す。図3において、縦軸は微粒子直径 (μm)、横軸は気体原料及びキャリアガスの流量 (Q_a) と液体原料 (Q_1) の比である。式(1)の計算結果は曲線Cであり、実際の微粒子形成時の微粒子直径に近くなるように曲線Cの値を5分の1にした曲線がDとして示されている。

【0056】通常の半導体製造の過程では膜の種類によって液体原料27と、原料ガス及びキャリアガスとの流量比は様々であるが、数100から数1000程度の範囲になる。その場合、形成される微粒子の受け止め直径は、曲線Cによると、 Q_a/Q_1 の比が500以上の時 $100 \mu m$ 以下となる。実際の気相中での微粒子直径は、曲線Dにより、概ね $20 \mu m$ 以下となる。

【0057】本実施例の半導体の製造装置では、薄膜の原料(液体原料および気体原料)が真空容器5内に導入された位置から、成膜対象となるウェハ4の置かれているサセプタ3まで距離は長くても $20 \sim 30$ センチメートル程度である。従って、少なくともこの距離の間、即ち液体原料27の微粒子がウェハ4表面に到達する前に液体原料27が気化していることが必須になる。以下では、気化に必要な距離(気化距離)と微粒子直径との関係の観点から、本実施例によって液体原料27を確実に気化できるかどうかについて述べる。

【0058】図4は、微粒子直径と気化距離の一般的な相関関係を示す図である。図4において、縦軸は気化に必要な距離(気化距離)、横軸は微粒子直径である。微粒子直径が大きくなると気化に必要な距離は加速度的に長くなる。液体原料27の気化距離は、原料によって変化するが、例えばTEOSでは、微粒子直径が $10 \mu m$ 程度の場合概ね 10 センチメートル、微粒子直径が $50 \mu m$ 程度の場合概ね 30 センチメートルで、それぞれ気化する。これより、実用的な微粒子直径は $50 \mu m$ 以下であればよいことになる。これに対し、本実施例では前述のように微粒子直径を約 $20 \mu m$ 以下にできるから、ウェハ4表面に到達する前に液体原料27を確実に気化させることができる。

【0059】図5および図6は気化ノズル21への液体原料27の供給に関するタイミングチャートであり、縦軸は液体原料27の供給量、横軸は時間である。但し、図5および図6においては、液体原料27のみについて示したが、気体原料とキャリアガスの供給に関しても液体原料27とほぼ同様にすればよい。

11

【0060】図5では、成膜の開始の時刻Fから一定時間後に定格の液体原料27の供給量Hとなるようにし、液体原料27を連続して供給し、成膜終了時の時刻Gに液体原料27の供給を停止するという供給方式を用いる。このような供給方式は単純であるため、液体原料27、気体原料およびキャリアガスの供給制御が簡単に行えると利点がある。

【0061】図6では図5と異なり、成膜の間、間欠的に液体原料27の供給が行われる。即ち、成膜の開始の時刻Fから所定時刻gまで所定供給量h₁で液体原料27の供給を行い、その後所定時刻fまでは液体原料27の供給を停止し、所定時刻fから所定供給量h₂で液体原料27の供給を行い、成膜終了時の時刻Gに液体原料27の供給を停止するという供給方式を用いる。このような供給方式によれば細かく液体原料27の供給を制御できるという利点がある。なお、液体原料27の供給を2回以上の多数回に分けて間欠的に行ってもよく、かつその都度供給量を変えてよい。

【0062】以上のような本実施例によれば、気化ノズル21によって所要の大きさの液体原料27の微粒子が得られ、微粒子化された液体原料27はウェハ4に到達するまでに十分に気化される。従って、気化の効率が高くなり、気化が不十分な液体原料27が真空容器5内で凝縮され真空容器5内部や配管類に不必要的膜が形成されることがない。従って、配管類の閉塞や、剥離した膜のウェハ4上への飛散が起こらず、製造装置を停止する必要もなくなり生産性が向上する。

【0063】また、真空容器5内で気化が行われるために、従来気化した液体原料を真空容器内に搬送するためには必要だったヒータ付ガス供給管や均一に液体原料を供給するためには必要だったシャワーヘッド等を必要としないため、装置の構造が簡単になり、装置の信頼性も向上する。

【0064】次に、本発明の第2の実施例について、図7および図8を参照しながら説明する。

【0065】図7は本実施例による半導体の製造装置を示す構成図である。図7において、図1と同等の部材には同じ符号を付してある。また、成膜時の手順は第1の実施例と全く同じであるため、ここでは説明を省略する。本実施例では、気化ノズル21aに供給される液体原料27と気体原料及びキャリアガスの配管接続が第1の実施例とは逆になっている。従って、図8に示すように、気化ノズル21aの構造も、気化ノズル外管211aに液体原料27が、気化ノズル内管212aに気体原料及びキャリアガスが流れるようになっている。

【0066】このような構成でも、気体原料及びキャリアガスは液体原料27に衝突し、この衝突により液体原料27は微粒子化される。従って、本実施例でも前述の第1の実施例と同様の効果が得られる。

【0067】また、上記に加え、液体原料27が気化ノ

12

ズル外管211aを流れるようになっているため、液体原料27の温度が微粒子化に影響を及ぼす場合には、気化ノズル外管211aに加熱手段または冷却手段を設ける余地があり、微粒子化前の液体原料27の温度制御が可能になる。

【0068】次に、本発明の第3および第4の実施例について、それぞれ図9および図10により説明する。

【0069】図9は第3の実施例による気化ノズルを、図10は第4の実施例による気化ノズルを、それぞれ示す断面図である。第3および第4の実施例の成膜時の手順は第1の実施例と全く同じであるため、ここでは説明を省略する。図9の気化ノズル21bは図2の気化ノズル21の変形であって、気化ノズル外管211bおよび気化ノズル内管212bからなる二重管構造をしており、気体原料及びキャリアガスの噴出方向を、液体原料27を噴出する開口212Bを含む面の法線に対して角度θ₁だけ傾斜させるような形状となっている。また、図10の気化ノズル21cは図8の気化ノズル21aの変形であって、気化ノズル外管211cおよび気化ノズル内管212cからなる二重管構造をしており、液体原料27の噴出方向を、気体原料及びキャリアガスを噴出する開口212Cを含む面の法線に対して角度θ₂だけ傾斜させるような形状となっている。

【0070】図9や図10のような構造にすれば、液体原料27と気体原料及びキャリアガスとは角度θ₁またはθ₂を持って衝突することになり、微粒子化された液体原料27の供給される範囲、従って気化した液体原料27の供給される範囲がある程度の広がりを持つことになる。このため、より広い範囲に液体原料27の微粒子、従って気化した液体原料27を供給することが可能となる。

【0071】さらに、第4の実施例では、液体原料27が気化ノズル外管211cを流れるようになっているため、液体原料27の温度が微粒子化に影響を及ぼす場合には、気化ノズル外管211cに加熱手段または冷却手段を設ける余地があり、微粒子化前の液体原料27の温度制御が可能になる。

【0072】次に、本発明の第5および第6の実施例について、それぞれ図11および図12により説明する。

【0073】図11は第5の実施例による気化ノズルを、図12は第6の実施例による気化ノズルを、それぞれ示す断面図であって、図11(b)は図11(a)のB-B方向の断面図、図12(b)は図12(a)のB-B方向の断面図である。第5および第6の実施例の成膜時の手順は第1の実施例と全く同じであるため、ここでは説明を省略する。図11の気化ノズル21dは図2の気化ノズル21の変形であって、気化ノズル外管211dおよび気化ノズル内管212dからなる二重管構造をしており、液体原料27を噴出する開口212D付近に開口角度が2θ₃である噴射方向制御プラグ213を取り付

け、液体原料27の噴出方向を、その液体原料27を噴出する開口212Dを含む面の法線に対して角度θ₁だけ傾斜させる。また、図12の気化ノズル21eは図8の気化ノズル21aの変形であって、気化ノズル外管211eおよび気化ノズル内管212eからなる二重管構造をしており、液体原料及びキャリアガスを噴出する開口212E付近に開口角度が2θ₁である噴射方向制御プラグ214を取り付け、液体原料及びキャリアガスの噴出方向を、その液体原料及びキャリアガスを噴出する開口212Eを含む面の法線に対して角度θ₁だけ傾斜させる。

【0074】図11および図12のような構造にすれば、液体原料27と液体原料及びキャリアガスとは角度θ₁またはθ₂を持って衝突することになり、微粒子化された液体原料27の供給される範囲、従って気化した液体原料27の供給される範囲がある程度の広がりを持つことになる。このため、より広い範囲に液体原料27の微粒子、従って気化した液体原料27を供給することが可能となる。また、上記2つの実施例では、噴射方向制御プラグ213または214のような比較的簡単な構造物を追加するだけで、より広い範囲に液体原料27の微粒子を供給できる。

【0075】さらに、第6の実施例では、液体原料27が気化ノズル外管211eを流れるようになっているため、液体原料27の温度が微粒子化に影響を及ぼす場合には、気化ノズル外管211eに加熱手段または冷却手段を設ける余地があり、微粒子化前の液体原料27の温度制御が可能になる。

【0076】次に、本発明の第7および第8の実施例について、それぞれ図13および図14により説明する。

【0077】図13は第7の実施例による気化ノズルを、図14は第8の実施例による気化ノズルを、それぞれ示す断面図であって、図13(b)は図13(a)のB-B方向の断面図、図14(b)は図14(a)のB-B方向の断面図である。第7および第8の実施例の成膜時の手順は第1の実施例と全く同じであるため、ここでは説明を省略する。図13の気化ノズル21fは図2の気化ノズル21の変形であって、気化ノズル外管211fおよび気化ノズル内管212fからなる二重管構造をしており、液体原料27を噴出する開口212F付近に旋回プラグ215が設けられており、開口212Fを含む面の法線を回転軸として旋回プラグ215が旋回するようになっている。旋回プラグ215は流路215aを有し、旋回プラグ215の旋回により流路215aからの液体原料27は旋回しながら流出する。また、図14の気化ノズル21gは図8の気化ノズル21の変形であって、気化ノズル外管211gおよび気化ノズル内管212gからなる二重管構造をしており、液体原料27の流路に旋回フィン216が設けられている。

【0078】図13および図14のような構造にすれ

ば、液体原料27が真空容器5内に噴射される前に、液体原料27が開口212Fまたは開口211Gを含む面の法線を回転軸として旋回運動をし、その旋回運動のために、液体原料27の噴出速度のうち開口212Fまたは開口211Gを含む面の法線方向への速度成分は小さくなり、液体原料27の液体原料およびキャリアガスへの衝突の頻度が大きくなる。従って、液体原料27の微粒子化の効率が向上する。また、上記2つの実施例では、旋回プラグ215または旋回フィン216のような比較的簡単な構造物を追加するだけで、性能が改善出来る。

【0079】さらに、第8の実施例では、液体原料27が気化ノズル外管211gを流れるようになっているため、液体原料27の温度が微粒子化に影響を及ぼす場合には、気化ノズル外管211gに加熱手段または冷却手段を設ける余地があり、微粒子化前の液体原料27の温度制御が可能になる。

【0080】次に、本発明の第9および第10の実施例について、それぞれ図15および図16により説明する。

【0081】図15は第9の実施例による半導体の製造装置を、図16は第10の実施例による半導体の製造装置を、それぞれ示す構成図である。図15および図16において、図1と同等の部材には同じ符号を付してある。また、成膜時の手順は第1の実施例と全く同じであるため、ここでは説明を省略する。第9および第10の実施例は、気化ノズルを複数個設けた実施例であって、図15の構成は図1の構成における気化ノズル21を複数個に、図16の構成は図7の構成における気化ノズル21bを複数個にしたものである。つまり、図15と図16とでは気化ノズル21に供給される液体原料27と液体原料及びキャリアガスの供給の接続が互いに逆になっている。

【0082】図15や図16のような構造にすれば、ウェハ4に供給される液体原料27の濃度の均一性を複数個の気化ノズル21で分担出来るので、一個の気化ノズル21における均一に供給すべき範囲を小さくできる。このため液体原料27の気化効率が高くなる。また、ウェハ4表面に対する液体原料27の供給量を各気化ノズル21で分担でき、各気化ノズル21において微粒子化すべき液体原料27の量を減少させて各気化ノズル21の大きさを小さく出来る。

【0083】さらに、第10の実施例では、液体原料27が気化ノズル外管を流れるようになっているため、液体原料27の温度が微粒子化に影響を及ぼす場合には、気化ノズル外管に加熱手段または冷却手段を設ける余地があり、微粒子化前の液体原料27の温度制御が可能になる。

【0084】次に、本発明の第11の実施例について、図17および図18により説明する。

【0085】本実施例は、液体原料27の供給や供給停止のタイミングに関する実施例である。図17は、本実施例における液体原料27と、気体原料及びキャリアガスの供給時のタイミングチャートである。成膜用の原料の供給時には、まず時刻L₁に気体原料及びキャリアガスが気化ノズル21に供給され、その後一定の時間をおいて時刻L₂に液体原料27が気化ノズル21に供給される。液体原料27の供給に先立って気体原料及びキャリアガスが気化ノズル21に供給されるため、液体原料27が気化されないままでウェハ4に到達することがない。

【0086】図18は、本実施例における液体原料27と、気体原料及びキャリアガスの供給停止時のタイミングチャートである。成膜の終了時には、まず液体原料27の供給をK₁の時刻に停止し、それよりも後の時刻K₂に気体原料及びキャリアガスの供給を停止する。気体原料及びキャリアガスの気化ノズル21への供給停止に先立って液体原料27の気化ノズル21への供給停止が行われるため、気化ノズルからの液体原料27の液だれを防止でき、真空容器5内に液体原料27が残留することがない。本実施例では、図1に示す装置の改造なしにその信頼性を向上出来るという特長がある。

【0087】次に、本発明の第12の実施例について、図19により説明する。

【0088】図19は第12の実施例による半導体の製造装置を示す構成図である。図19において、図1と同等の部材には同じ符号を付してある。また、成膜時の手順は第1の実施例と全く同じであるため、ここでは説明を省略する。本実施例では、図1の装置の気化ノズル21とウェハ4との間に、整流手段として微粒子分散板217を設ける。微粒子分散板217には液体原料27の微粒子が通過出来るように多数の穴があけられているが、半径方向に通過出来る確率が変化させてあり、気化ノズル21からの微粒子のウェハ4表面に対する分布を補正して均一な分布が得られるようになっている。

【0089】上記のように、微粒子化した液体原料27の微粒子の分布をウェハ4の上方で均一にすることにより、気化効率が一段と改善され、ウェハ4に均一に薄膜を形成させることができる。本実施例では、図1に示す装置に比較的簡単に改造するだけでその信頼性を向上出来るという特長がある。

【0090】次に、本発明の第13および第14の実施例について、それぞれ図20および図21により説明する。

【0091】図20は第13の実施例による気化ノズルを、図21は第14の実施例による気化ノズルを、それぞれ示す断面図である。第13および第14の実施例の成膜時の手順は第1の実施例と全く同じであるため、ここでは説明を省略する。図20の気化ノズル21hは図2の気化ノズル21の変形であって、気化ノズル外管2

11hおよび気化ノズル内管212hからなる二重管構造をしており、液体原料27の流路に小型ヒータ218が取り付けられている。また、図21の気化ノズル21iは図8の気化ノズル21の変形であって、気化ノズル外管211iおよび気化ノズル内管212iからなる二重管構造をしており、液体原料27の流路に小型ヒータ219が取り付けられている。

【0092】図20や図21のように取り付けられた小型ヒータ218や小型ヒータ219で液体原料27を加熱するにより、液体原料27が沸騰し液体原料27の微小な蒸気の気泡が発生する。この蒸気の発生は液体原料27の体積の膨張をもたらし、液体原料27の微粒子をさらに微小となる。この微小な粒子に気体原料およびキャリアガスが衝突することによって液体原料27の微粒子化が一層促進され、液体原料27の気化効率がさらに向上する。また、小型ヒータ218や小型ヒータ219の制御により微小な粒子の発生状況を簡単に制御することができる。

【0093】
20 【発明の効果】本発明によれば、薄膜となる少なくとも一部の液体原料をその薄膜が形成される空間内で微粒子化してから気化させるので、気化の効率が高くなり、従来のように配管類の中やその他の装置の部材に液体原料が凝縮するようなことがなくなり、不必要的膜が形成されない。従って、配管類の閉塞や、剥離した膜のウェハ上への飛散が起らざり、製造装置を停止する必要もなくなり生産性が向上する。

【図面の簡単な説明】
【図1】本発明の第1の実施例による半導体の製造装置を示す構成図である。

【図2】図1の半導体の製造装置における気化ノズルの先端部分付近の構造を示す断面図である。

【図3】図2の気化ノズルによって微粒子化された液体原料の粒子直径の計算結果を示す図である。

【図4】微粒子直径と気化に必要な距離（気化距離）の一般的な相関関係を示す図である。

【図5】図2の気化ノズルへの液体原料の供給の一例を示すタイミングチャートである。

【図6】図2の気化ノズルへの液体原料の供給の他の例を示すタイミングチャートである。

【図7】本発明の第2の実施例による半導体の製造装置を示す構成図である。

【図8】図7の半導体の製造装置における気化ノズルの先端部分付近の構造を示す断面図である。

【図9】本発明の第3の実施例による気化ノズルを示す断面図である。

【図10】本発明の第4の実施例による気化ノズルを示す断面図である。

【図11】(a)は本発明の第5の実施例による気化ノズルを示す断面図であって、(b)は(a)のB-B方向

50

の断面図である。

【図12】(a)は本発明の第6の実施例による気化ノズルを示す断面図であって、(b)は(a)のB-B方向の断面図である。

【図13】(a)は本発明の第7の実施例による気化ノズルを示す断面図であって、(b)は(a)のB-B方向の断面図である。

【図14】(a)は本発明の第8の実施例による気化ノズルを示す断面図であって、(b)は(a)のB-B方向の断面図である。

【図15】本発明の第9の実施例による半導体の製造装置を示す構成図である。

【図16】本発明の第10の実施例による半導体の製造装置を示す構成図である。

【図17】本発明の第11の実施例を説明する図であって、液体原料と、気体原料及びキャリアガスの供給時のタイミングチャートである。

【図18】本発明の第11の実施例を説明する図であって、液体原料と、気体原料及びキャリアガスの供給停止時のタイミングチャートである。

【図19】本発明の第12の実施例による半導体の製造装置を示す構成図である。

【図20】本発明の第13の実施例による気化ノズルを示す断面図である。

【図21】本発明の第14の実施例による気化ノズルを示す断面図である。

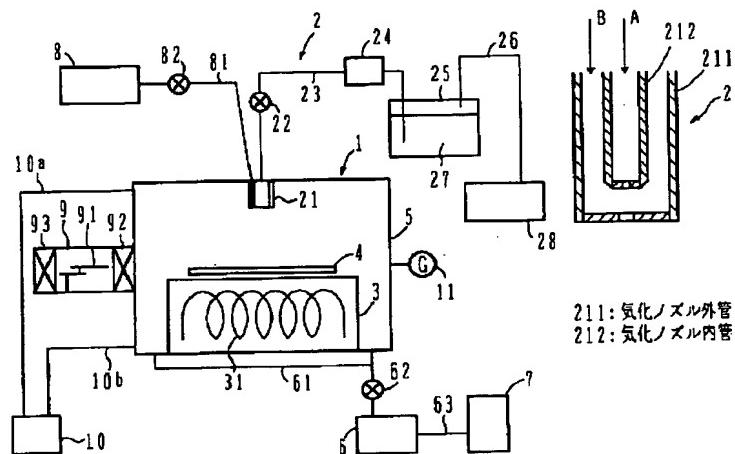
【図22】従来のSiO₂薄膜を形成する半導体の製造装置の構成図である。

【符号の説明】

- 1 気相化学反応装置
- 2 気化機構
- 3 サセブタ
- 4 ウェハ
- 5 真空容器
- 6 真空排気部
- 7 ガス処理部
- 8 ガス供給部
- 9 予備室
- 10 壁面温度制御部
- 10 a 壁面温度制御用第一配管
- 10 b 壁面温度制御用第二配管

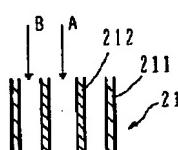
- 11 真空計
- 21 気化ノズル
- 21 a 気化ノズル
- 21 b, 21 c 気化ノズル
- 21 d, 21 e 気化ノズル
- 21 f, 21 g 気化ノズル
- 21 h, 21 i 気化ノズル
- 22 液体原料供給バルブ
- 23 液体原料供給管
- 10 24 液体原料供給流量制御装置
- 25 液体原料タンク
- 26 液体原料送出用ガス配管
- 27 液体原料
- 28 液体原料送出用ガス供給部
- 31 ヒータ
- 61 真空排気配管
- 62 真空排気バルブ
- 63 排気配管
- 81 ガス供給管
- 20 82 ガス供給バルブ
- 211 気化ノズル外管
- 211 a 気化ノズル外管
- 211 b, 211 c 気化ノズル外管
- 211 d, 211 e 気化ノズル外管
- 211 f, 211 g 気化ノズル外管
- 211 h, 211 i 気化ノズル外管
- 211 G 開口
- 212 気化ノズル内管
- 212 a 気化ノズル内管
- 30 212 b, 212 c 気化ノズル内管
- 212 d, 212 e 気化ノズル内管
- 212 f, 212 g 気化ノズル内管
- 212 h, 212 i 気化ノズル内管
- 212 B, 212 C 開口
- 212 D, 212 E 開口
- 212 F 開口
- 213, 214 噴射方向制御プラグ
- 215 旋回プラグ
- 216 旋回フィン
- 40 217 微粒子分散板
- 218, 219 小型ヒータ

【図1】

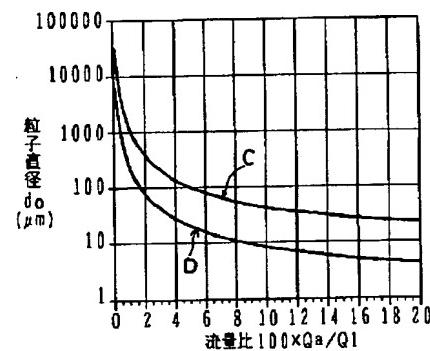


- 1: 気相化学反応装置
 2: 氧化機器
 3: サセブタ
 4: ウェハ
 5: 真空容器
 6: 真空排気部
 7: ガス処理部
 8: ガス供給部
 9: 予備室
 10: 壁面温度制御部
 10a: 壁面温度制御用第一配管
 10b: 壁面温度制御用第二配管
 11: 真空計
 21: 水素ノズル
 22: 液体原料供給バルブ
 23: 液体原料供給管
 24: 液体原料供給流量制御装置
 25: 液体原料タンク
 26: 液体原料送出用ガス配管
 27: 液体原料
 28: 液体原料送出用ガス供給部
 31: ヒータ
 61: 真空排気配管
 62: 真空排気バルブ
 63: 排気配管
 81: ガス供給管
 82: ガス供給バルブ

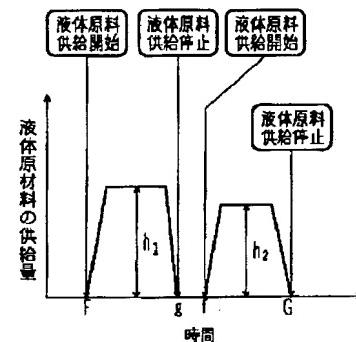
【図2】



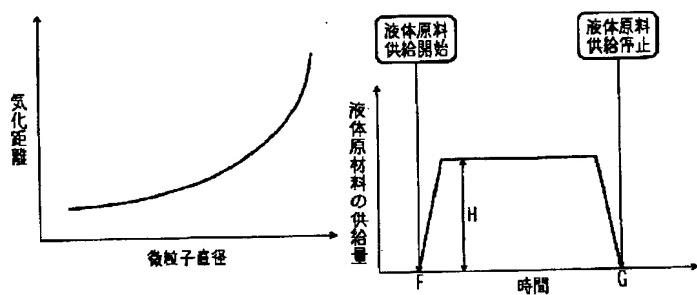
【図3】



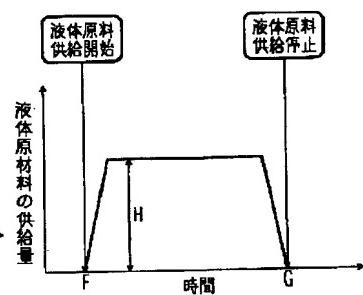
【図6】



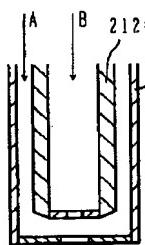
【図4】



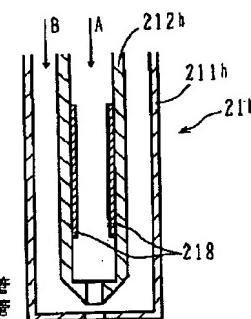
【図5】



【図8】

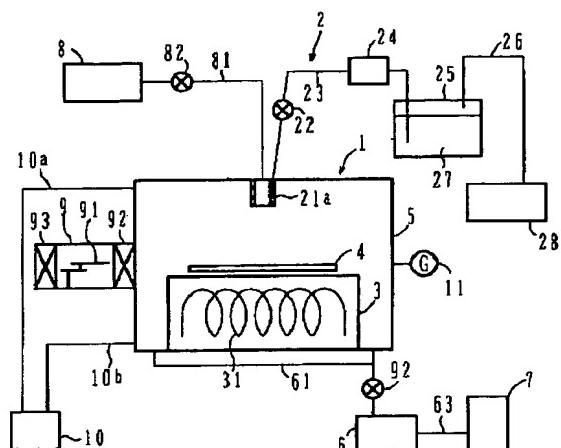


【図20】



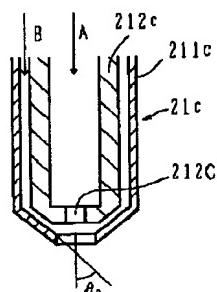
- 211b: 水素ノズル
 211h: 水素ノズル外管
 212b: 水素ノズル内管
 218: 小型ヒータ

【図7】



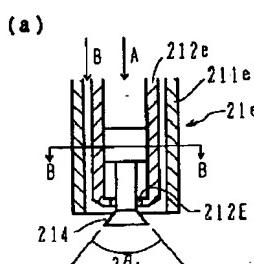
21a: 気化ノズル

[図10]



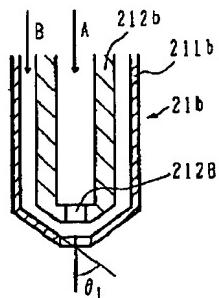
21c: 水素ノズル
211c: 水素ノズル外管

【図12】



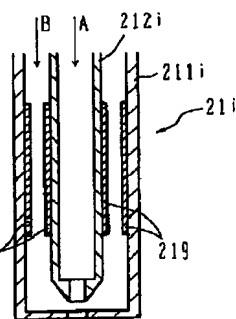
21e: 水素ノズル
 211e: 水素ノズル外管
 212e: 水素ノズル内管
 212E: 開口
 214: 噴射方向制御フラグ

〔図9〕



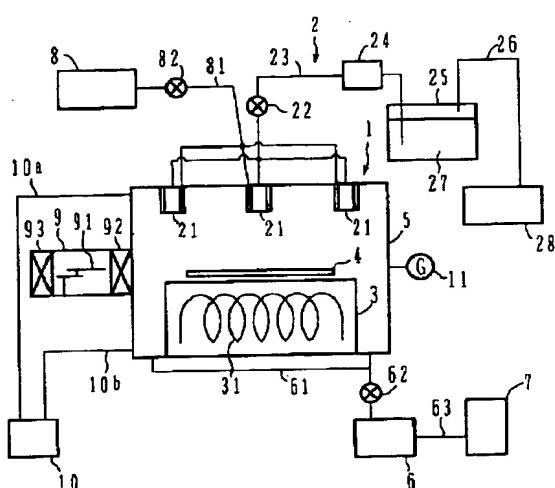
21b: 水素ノズル
211b: 水素ノズル外管

【図21】

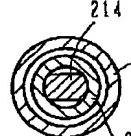


211: 水素ノズル
 2111: 水素ノズル外管
 2112: 水素ノズル内管
 219: 小型ヒータ

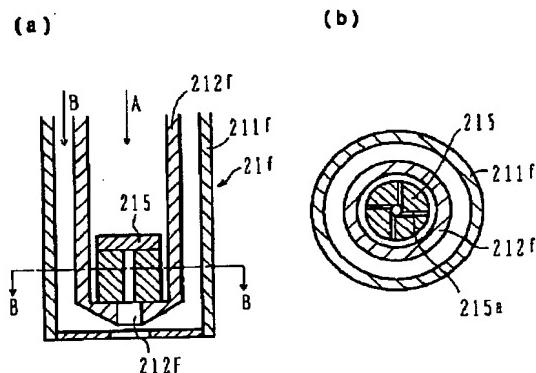
[図15]



(b)

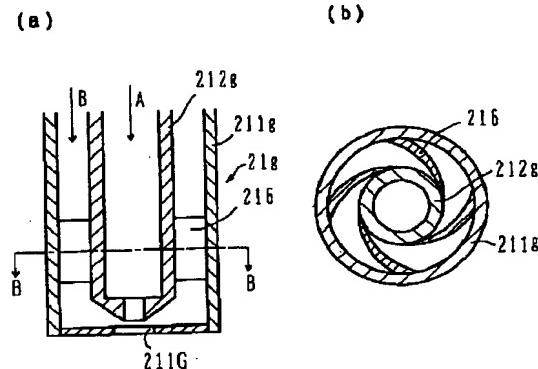


【図13】



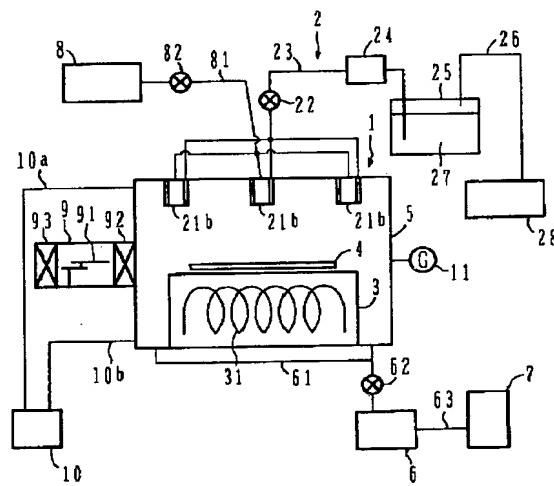
21f: 気化ノズル
 211f: 気化ノズル外管
 212f: 気化ノズル内管
 212F: 開口
 215: 旋回フラグ

【図14】

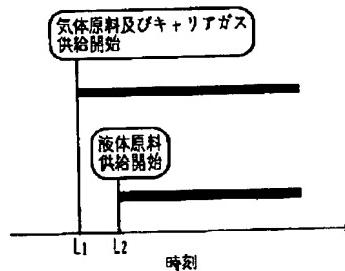


21g: 気化ノズル
 211g: 気化ノズル外管
 211G: 開口
 212g: 気化ノズル内管
 216: 旋回フィン

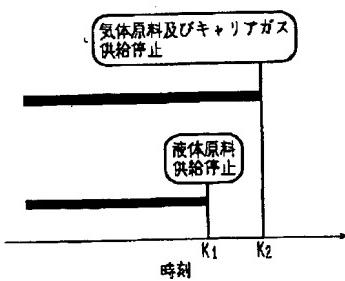
【図16】



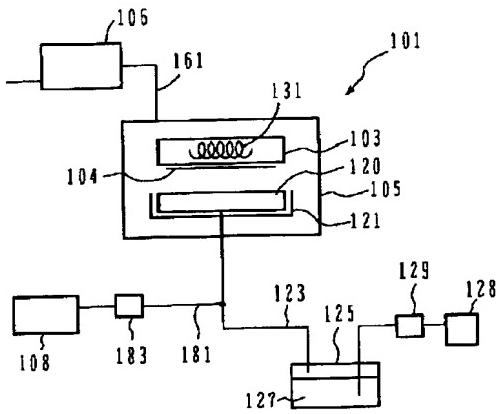
【図17】



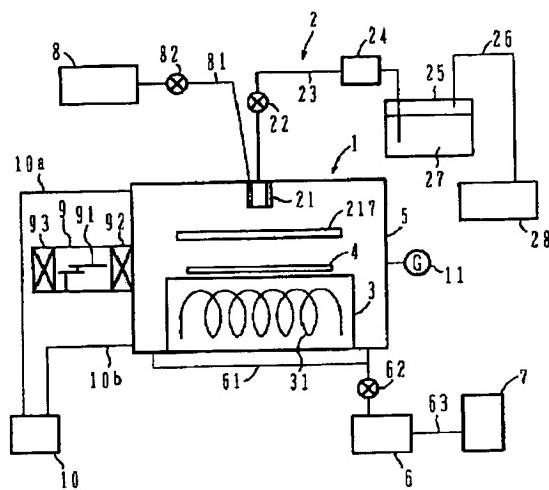
【図18】



【図22】



【図19】



217:微粒子分散板

フロントページの続き

(72)発明者 笠原 修
 東京都青梅市今井町2326番地 株式会社日
 立製作所デバイス開発センタ内